

# 水質調査による山口県内主要河川の環境モニタリング

Water Analysis of the Five Main Rivers and Their Valleys in Yamaguchi Prefecture

伊原 靖二\*・竹本 香奈\*・今村 主税\*\*

Yasuji Ihara, Kana Takemoto, Chikara Imamura

## Summary

Analytical studies in natural waters of the five main rivers and their valleys in Yamaguchi Prefecture for about two years in May, 2003 from November, 2004 have been reported. Analytical items in fresh water were mainly pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, temperature, uv absorbance, total organic carbon, surfactant, and dissolved ions, respectively. At the eight points of the river valleys, fluctuation of river constituents was analyzed in terms of statistical methods. The behavior of these analytical values and compounds in the natural environment was briefly discussed.

## 1. 緒言

現在、河川を汚染する原因の3/4が家庭から排出される生活排水であるといわれている。これに対処するために下水道の普及や、活性汚泥処理を中心とした下水処理場の建設が進められているが、まだ十分であるとはいえず、生活排水が直接河川などに排出されることも多い。また、家庭用洗剤の流入も河川の汚染の重要な問題となっており、一般に排水中に各種の界面活性剤が含まれていると、その排水の性状を複雑なものにし、処理を難しくしている<sup>1)</sup>。さらに気泡性、生分解性、生物への毒性などの点で問題となり、活性汚泥法による処理の効率を低下させる。今後その影響の調査も必要である<sup>2-10)</sup>。これらの事実を踏まえ、河川の水質を調査することにより、我々の生活がどれくらい河川に負荷を与えているか検討する必要がある。本来河川は溶存物質や懸濁物質を上流から下流へ輸送する場であり、また、懸濁物質を分解・除去する場でもある。しかし、人間活動の増大とともに、多くの都市河川ではその自浄能力を上回る汚濁物質の流入があるため水質が悪化している。河川が汚染されれば、景観が損なわれるのはいうまでもないが、悪臭が発生したり、水生生物が死んだりする。さらに、我々はその河川水を水道源として利用しており、河川水の汚染が進行すると、現在の浄水施設では十分に浄化できず、水道水のかび臭さや、濁りが発生することが考えられる。水道から流れ出る水は、飲料水という生理学的な役割だけでなく、炊事・洗濯・入浴を初めとして清掃、

消火、工場用水などの形で日常生活のあらゆる場で使用されている。このように、水は人間の生命と健康を保持、増進するための基本的なものであり、我々の生活に必要不可欠なものであるといえる。

本研究では山口県内主要河川の環境モニタリングを行うことを目的として、図1に示すように、以下の5河川の水質調査を試みた。樫野川は県内の2級河川では4番目の広さの流域面積であり、中国山系を水源とし、中流の農地や市街地を貫流し、河口域に大きな干潟を形成している山口湾に至っている。宮野盆地、山口盆地を貫流し、吉敷郡小郡町で南流に転じて山口湾にそそぐ流路延長30.3kmの2級河川である。仁保川や一の坂川などの24の支流を含めた樫野川水系は、流路延長133.2km、流域面積332.4km<sup>2</sup>になる。県都を流れ、山口市のほぼ全域に水系が分布する重要な河川で、山口盆地一円の流域は山口ゲンジボタルの発祥地として、国の天然記念物に指定されている。流域に多くの人口を有し、生活排水による汚染も心配されている。また山口市及びその周辺地域の水道源として利用されている。山口県の北部を流れる栗野川は豊浦郡豊田町に発し、同郡豊北町を北流して響灘の油谷湾に注ぐ2級河川である。10の支流を持ち、流域面積186.0km<sup>2</sup>、流路延長29.8kmの農地を流れる河川である。厚狭川は美祢市於福町に発し、小野田市と厚狭郡山陽町の境で周防灘に注ぐ、流域面積248.9km<sup>2</sup>、流路延長43.9kmの2級河川である。伊佐川など14の支流を持ち、上流は農地、下

\*山口県立大学大学院 健康福祉学研究所生活健康科学専攻

\*\*山口県立大学 生活科学部生活環境学科

流は住宅地を流れている。河口一帯はシロウオやアオノリの産地として知られている。厚東川は秋芳町桂木山に発して、秋吉台を二分して南流し、石灰岩地域に形成された平野を流れるため、炭酸カルシウムの含有量の多い河川である。流路延長 59.9km の 2 級河川で、大田川など 37 の支流を含めた厚東川水系は流路延長 235.2km、流域面積 405.3km<sup>2</sup> になる。途中で小野湖があり、工業用水の供給源にもなっている。佐波川は佐波郡徳地町に発し、島地川など 31 の支流を集めて防府市で周防灘に注ぐ、流域面積 446km<sup>2</sup>、流路延長 56.5km の県内最大級の 1 級河川である。佐波川ダムの人造湖は大原湖と呼ばれ、滑国有林や長者ヶ原と共に、長門峡県立自然公園の一部をなしている。

樫野川の水質調査については、筆者らは 1994 年 3 月から 1995 年 2 月までの 1 年間<sup>11)</sup>、及び 1999-2000 年の 2 年間の水質調査を試み<sup>12)</sup>、その結果を報告した。さらに前報では、2001 年の樫野川水系 3 河川における水質調査を試み、樫野川の現段階の水環境について、一の坂及び仁保川の結果と比較しながら主として生活排水からと考えられる問題点のある項目に着目しその測定結果を報告した<sup>13)</sup>。また、過去 3 年間の流域別の結果より樫野川の水環境の変化を考察した<sup>14)</sup>。本調査においては 2003 年の 5 月から 2004 年 11 月までの約 2 年間の主として pH、導電率、濁度、溶存酸素、水温、全有機炭素、界面活性剤、及び溶存イオン等の河川成分の水質調査の測定結果を、各流域別（ポイント別）の変動から考察し、上記各河川の水環境の変化を比較検討することにした。

## 2. 実験

### 2-1 試水

5 河川の河川成分の測定は 2003 年の 5 月から 2004 年 11 月までの約 2 年間、樫野川と佐波川は毎月 1 回、その他の河川は 2 ヶ月に 1 回の間隔で、約 10~19 回行った。樫野川の河川水は上流の入野橋から大学付近、山口市内、湯田温泉を中心に流域別に 8 ポイント（1：入野橋、2：宮野新橋、3：青木橋、4：東山橋、5：井手ヶ原橋、6：秋穂渡瀬橋、7：石津橋、8：八方原橋）を選び、川の流れのほぼ中央に橋上から網につるした採水器をおろして実施した。以下に他の 4 河川の採水ポイントを示した。

栗野川（1：五毛橋、2：市場橋、3：柿木田橋、4：松崎橋、5：オケ瀬橋、6：市ノ瀬橋、7：川淵橋、8：大久保橋）、厚狭川（1：小杉入り口、2：重安橋、3：平城橋、4：伊佐川合流点、5：

祖母ヶ河内橋、6：湯ノ峠橋、7：新橋、8：下津橋）、厚東川（1：水除橋、2：四斗田橋、3：木ノ瀬橋、4：渡瀬橋、5：小野大橋、6：木田橋、7：持世寺橋、8：末信橋）、佐波川（1：掛鼻橋、2：出雲合橋、3：二ノ宮大橋、4：虹橋、5：陸美橋、6：人丸橋、7：本橋、8：佐野堰）。

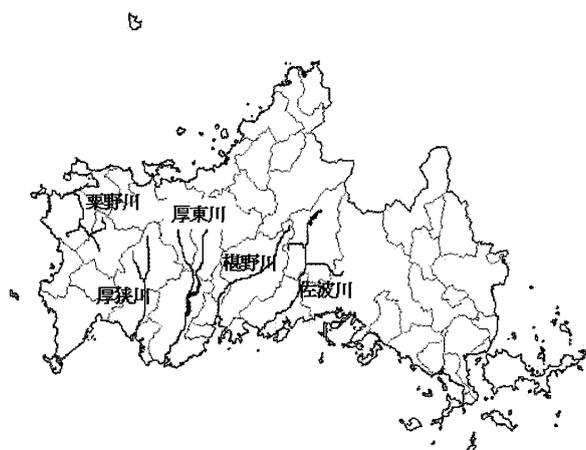


図1 山口県内主要5河川

### 2-2 測定

採水した水はその場で直ちにセンサプローブ W-23XD (HORIBA製) を用いて pH、水温、導電率、濁度、溶存酸素量を測定した。佐波川については溶存酸素及び導電率の測定は行わなかった。全有機炭素 (TOC)、界面活性剤濃度、紫外吸光度、及びイオンアナライザーによる溶存イオンについては、その後出来る限り速やかに実験に供し、前報と同様な測定方法<sup>11-13)</sup>にて各河川成分を測定した。全窒素については試料を紫外吸光度法 (JIS K0102 45.2) に従い水酸化ナトリウム-ペルオキシ二硫酸カリウムで加圧分解後、分光光度計 (UV-160A) にて 220nm の吸光度を測定した。全リンは試料をペルオキシ二硫酸カリウムで加圧分解後、多項目迅速水質分析計 DR/2010 (HACH社製) にて 890nm の吸光度を測定することにより求めた。

## 3. 結果及び考察

本調査では 5 河川の水質を比較するため、各河川の流域別（ポイント別）変動の結果をまとめた。また、各データは 1 から 8 のポイント別に樫野川と佐波川では月 1 回に測定した 19 回の平均値であり、その他の河川は隔月 1 回の 10 回の平均値である。各項目について、流域別及び月別の平均値、最小値、最大値、及び標準偏差値を求めたが、今回は主として

平均値の流域別変動を図で示しその結果を考察することにした。

### 3-1 水温, pH, 及び溶存酸素 (DO)

図2は5河川の水温, pH及びDOのポイント別変化を示している。水温は水の素性を示す一つの重要な因子である。5河川の水温は当然ながら厚東川以外は下流に向かうにつれて、若干上昇する傾向が見られた。厚東川の場合は小野湖の前後で上昇した。また、樫野川, 栗野川, 厚狭川, 厚東川, 佐波川の平均水温はそれぞれ 19.0, 16.9, 16.6, 17.5, 17.2℃で樫野川の水温が若干高い値を示した。

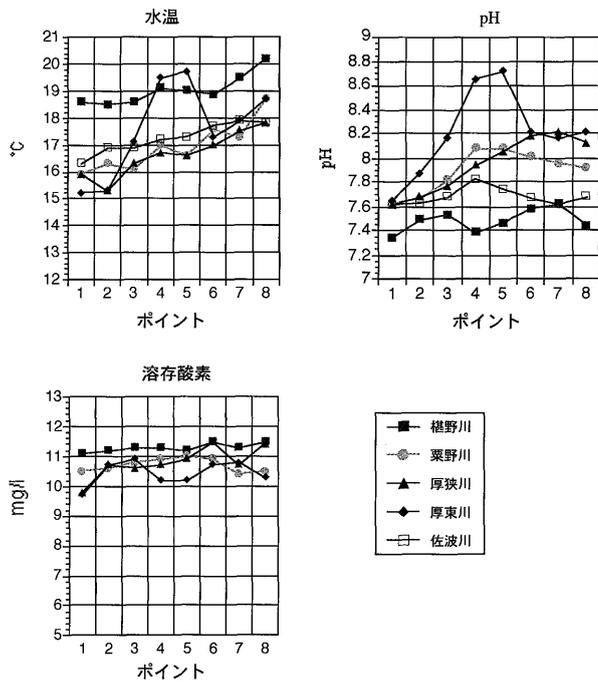


図2 水温, pH, 及び溶存酸素濃度の流域別変動の結果

pHはDOと同様に厚東川以外の他の4河川は若干上昇もしくはほぼ一定の値を示した。pHは天然水の最も根本的な性質であり、普通、淡水はpHが7付近である。pHを支配する因子は主に地質因子である。すなわち、水が通ってくる地質の化学組成の示すpHと同じ傾向を示すということである。その他土壌中の二酸化炭素の溶解による影響や植物の炭酸同化作用およびバクテリアによる生物体の分解が考えられる<sup>1)</sup>。図2において、5河川での各ポイントの平均値はそれぞれ 7.5, 7.9, 7.9, 8.2, 7.7 でありほとんど中性もしくは弱アルカリ性を示した。一般に、地下水のpHが酸性を示すことが多いが、5河川とも地下水の影響をあまり受けていない様である。特に、厚東川は中流域の小野湖の影響により他河川より高い値を示

した。

DOは河川や海域の自浄作用や魚類などの水生生物にとって不可欠である。河川の水質面から考えるとDOが高ければ、河川水中の微生物が十分に呼吸でき、自然浄化作用も促進される。従って、DOは、TOCやBODとの関連が深いといえる。水中での酸素消費の原因は酸素の水中の無機化合物との反応、バクテリアによる有機物の分解や動植物の呼吸作用によると考えられる。図2に示すように、DOは樫野川と栗野川の2河川は各ポイントにかけてほぼ一定値を示した。しかし厚狭川と厚東川の各ポイント間で差が認められた。DOの季節変化では、季節を通して夏は数値が低く冬は高い。これは酸素の水に対する溶解度との関連が有ることを示している。しかし厚東川の場合、本来季節変化がみられるはずの水温とDOで成分間の相関が小さかったことから、中流域の小野湖やダムが存在により、本来の水質の特性が失われているのではないと思われる。また、4河川の平均値はそれぞれ 11.3, 10.7, 10.8, 10.4mg/l であり、樫野川が若干高い値を示した。

### 3-2 全有機炭素 (TOC), 紫外吸光度, 導電率, 及び界面活性剤濃度

図3は、5河川のTOC, 紫外吸光度, 導電率及び界面活性剤濃度のポイント別変化を示している。TOCは測定水中の有機物に含まれる炭素の量を表すものであるが、環境白書の項目には含まれておらず、これまであまり研究されてこなかったため、くわしいことは分からない。しかし、BOD測定が有機物の量を測定できないのに対して、TOC測定は有機物のみに含まれている炭素量も測定のため、有機物の量を正確に測定できる。そのため、BODの測定結果と比較検討することで、実際の有機物汚染の状況を知ることができる。一般に、下流域では上流域に比べ有機物による汚染があると思われるが、今回の結果では樫野川と栗野川以外では下流に行くにつれて上昇する傾向が見られた。5河川の平均値はそれぞれ 2.51, 2.15, 1.94, 2.12, 2.36 mg/l で樫野川が若干高い値を示した。

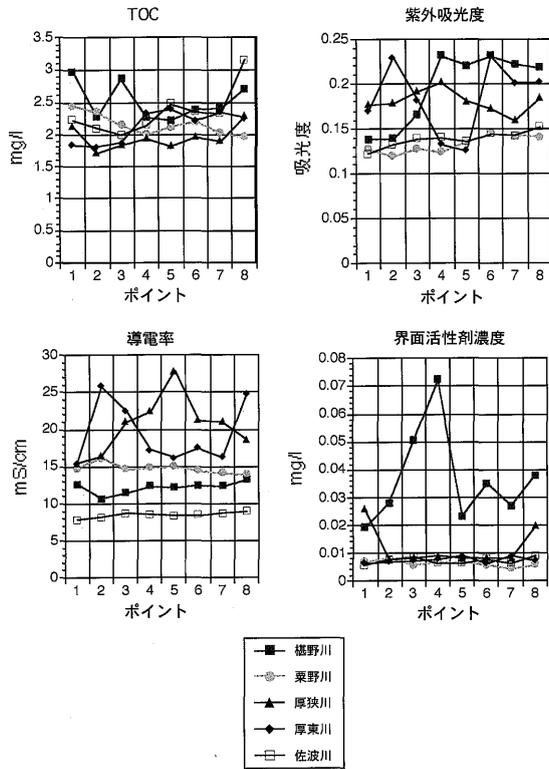


図3 全有機炭素 (TOC), 紫外吸光度, 導電率及び界面活性剤濃度の流域別変動の結果

紫外吸光度は5河川でそれぞれ異なった状態を示した。榎野川ではポイント4で急激に上昇し、その後ほぼ一定値を示した。厚東川ではやはり小野湖の前後で逆に減少した。紫外吸光度は分光光度計により220nmの吸光度を測定したものであり、各紫外部に吸収のある有機物、硝酸イオン、亜硝酸イオン等が存在すると高い値を示す。またCODやTOCとよい相関があり、水中の有機物含量の指標として有用であると考えられている。これらの関係は後で考察する。

水溶液の導電率は水中に溶けているイオン量と各イオンの電気を運ぶ速さによって支配される。したがって、導電率によりおおまかに水中の溶存イオン量を比較することができる。導電率は厚狭川と厚東川の5ポイント目、2ポイント目でそれぞれ最大値を示した。粟野川では全流域でほぼ一定値を、榎野川と佐波川では下流にいくにつれて若干高い値を示した。後に示す溶存イオンのグラフを見ると、一部の結果を除き導電率とほぼ同じ傾向を示しており、下流域にイオン性物質が多いため導電率が高い値になったのだと考えられる。下流では各支流からの各イオン性物質が流入しているものと考えられるが、上述したように、導電率はイオン濃度に関するため後述の各種イオン測定の結果と比較検討すること

にする。

合成洗剤の普及により、洗剤成分の1つである陰イオン界面活性剤が多量に使用され、その結果各地の河川で水質汚染を生じ、飲料水源や環境生物に影響を及ぼす心配が指摘されている。近年の水質汚濁の大切な指標である。しかし、今回の定量方法では陰イオン性界面活性剤の量のみであり、近年洗剤に含まれている非イオン性界面活性剤等の定量は出来ない。界面活性剤濃度は、全体的に榎野川が他の河川と比較して非常に高い値を示している。また、厚狭川では上流と下流で若干高い値を示した。榎野川の界面活性剤洗剤のポイント別では、上流のポイント4で最大値を示した。下流よりも中流の方が高い値を示した。この流域別の特徴は下流で仁保川と一の坂川の支流が合流して希釈されるからと考えられるが、榎野川を取りまく環境を考えると、中流域では、下流域に比べ、民家数も少なく、その分農作地が多い。河川の性質からして、中流域のほうが下流域に比べ水質も良好であるように思われる。しかし、実際には違っており、これには、下水道の普及が関係していると考えられる。ポイント3、4である山口市宮野地区には、まだ下水道が普及しておらず、家庭排水が直接榎野川に流入することも多く、これに対し、下流域では下水道も普及しており、家庭排水が直接榎野川に流入することも少ないはずである。

### 3-3 全窒素及び全リン

水中の窒素は種々の形態で存在する。また、リンはリン酸塩または有機リンとして含まれる。生活排水の影響を受けた河川の全窒素及びリンの濃度は、大きく生活排水による汚染の指標としてよく用いられる。山口県環境白書から抜粋した山口県内主要河川の全窒素及び全リンの経年変化<sup>15)</sup>を図4に示した。榎野川はこの10年間、他の河川と比べても、その濃度は2倍以上大きく、生活排水対策の遅れによる富栄養化等により、汚染の程度は大きいと考えられる。窒素及びリンはし尿処理水やタンパク態物質の供給からの富栄養化によると考えられ、榎野川河口部では、ヘドロやカキ殻の堆積、アマモ場の減少がみられるなど、干潟生態系の改変・改質が生じて問題となっている。

図5は、今回測定した5河川の全窒素及び全リン濃度のポイント別変化を表している。これらの項目は上記したように生活排水等の人為的な要素が大き

い。全窒素は樫野川以外の4河川は各流域でほぼ一定もしくは下流に行くに従って若干上昇している。しかし、樫野川の場合、明らかにポイント4で急激に増加し、その後その値はほぼ一定値を示した。全体的に他の4河川と比べて樫野川が高い値を示し、環境白書の結果からも汚染が進行しているものと思われる。

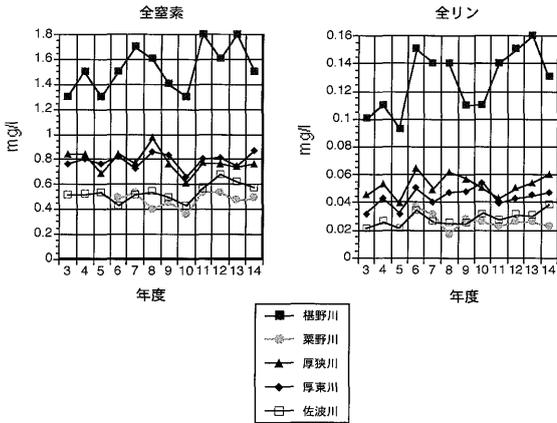


図4 全窒素及び全リンの経年変化

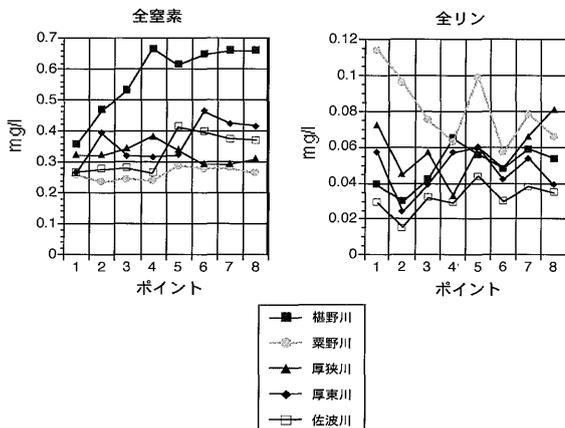


図5 全窒素及び全リンの流域別変動の結果

### 3-4 溶存イオン濃度

河川水中に含まれる溶存イオンの起源は大別して、雨水に含まれる成分、地表で雨水に取り込まれる成分、地中で水にとけ込む成分、及び人間活動により供給される成分に分けることができる。図6はイオンアナライザーにて測定した5河川の陰イオンである塩化物イオン (Cl), 硝酸イオン (NO<sub>3</sub>), 及び硫酸イオン (SO<sub>4</sub>) の、又図7は陽イオンであるナトリウムイオン (Na), カリウムイオン (K), マグネシウム (Mg), 及びカルシウムイオン (Ca) の各項目毎に、ポイント別のグラフに表したものである。

図6から明らかなように、塩化物イオンは厚東川以外の他の河川は下流に近づくにつれ上昇している。塩化物イオンは、人為汚染による影響を最もよく表

している。すべての天然水に含まれているが、天然では岩石からの供給は少ない。天然での供給源は主に大気中に巻き上げられた海水が雨や風により、下降するものである。その他温泉及び火山からの供給も考えられるが、人為汚染による影響も大きく、我々人間は食塩 (NaCl) としてかなりの量を摂取しており、特に人口の多い都会の井戸水や河川などに塩化物イオンは多く検出される。しかし5河川とも、下流域から中流域の上昇は海水の影響は考えられないため、人間が生活に用いている塩化ナトリウム (NaCl) による人為汚染だと判断できる。また樫野川の上昇率が一番高い値を示しているのが興味深い。

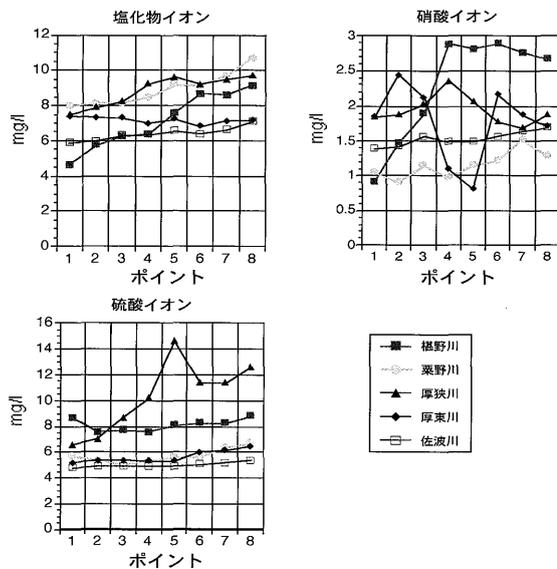


図6 各種陰イオン濃度の流域別変動の結果

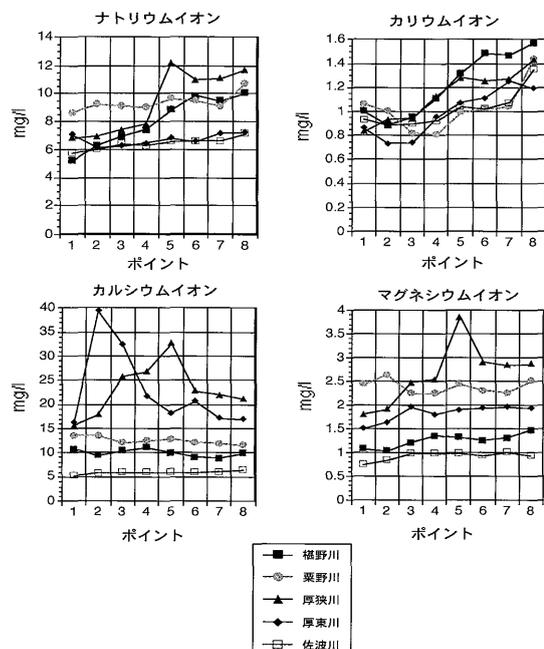


図7 各種陽イオン濃度の流域別変動の結果

硝酸イオンのような窒素化合物は天然ではバクテリアの作用により、その形態は様々に変化する。そのため、その起源はわかりにくい、種としてタンパク質物質の分解により生じているのではないかとされる。一般的には、全窒素や、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素として測定されている。溶存イオン中の硝酸イオンと亜硝酸イオンはイオンアナライザーで精度良く測定できる。しかし今回の測定では亜硝酸イオンはほとんど検出されなかった。樫野川の硝酸イオンのポイント別平均値は0.9から2.9mg/lであるが、図6に示すように、中流のポイント4以降で急激に上昇し、他の河川よりも高い値で推移している。この傾向は全窒素や紫外線吸収の結果とよく似ており、両者の相関性は高いと思われる。樫野川は流下する過程で非常に多くの窒素流入を受け、自浄機能が他の河川より小さいと考えられる。また、厚東川ではやはり小野湖の前後で変化が大きく認められた。5河川の平均値はそれぞれ2.3, 1.2, 1.9, 1.8, 1.5mg/lであった。

硫酸イオンはその行動が複雑であり、しかもこれまであまり研究が行われてこなかったため、その起源を推測することは困難である。しかし、家庭排水や化学肥料に含まれており、また、大気中にも石油や石炭の燃焼で生じる硫酸塩が浮遊していることがわかっているため、雨水と共に地上に降り注ぎ、河川水中の硫酸イオンの原因となっているとも考えられる。5河川とも下流に行くにつれて上昇した。厚狭川の硫酸イオンはポイント5で最大値を示し、その後減少した少しずつ増加している。5河川の平均値はそれぞれ8.1, 5.7, 10.3, 5.7, 5.0mg/lであった。

陽イオンのうち、ナトリウムイオンは海からの風送塩と雨水、岩石・土壌の溶出、及び海水・温泉からの流入が考えられる。また塩素イオンと同様に生活排水に起因する人為汚染による影響も大きいと考えられる。塩化物イオンほどではないが、図7に示したように、全ての河川について上流から下流域に行くにつれて上昇している。今回の結果では塩化物イオンの結果と併せて人間が生活に用いている塩化ナトリウム(NaCl)による人為汚染の可能性が高いと考えられる。特に、樫野川では両成分とも上流から下流にかけて5mg/l近い上昇が見られた。

カリウムイオンは河川水にはわずかしが含まれておらず、その主な起源は岩石・土壌にあるものと思われる。しかし、カリウムは3代栄養素でもあり、肥料中にも多く含まれている。図7に示しているよ

うにその濃度は少ないが、上流から下流に行くにつれて増加することがわかった。

カルシウムイオンについては厚狭川と厚東川が全体的に高い値を示した。その他の河川は各流域でほぼ一定値を示した。マグネシウムイオン、カルシウムイオンは岩石土壌に起因するところが大きい、カルシウムイオンは淡水のもっとも重要な主成分であり、わが国では一般に他国に比べ含量が少ない。しかし特に厚東川は秋吉台を2分して流れており、その含有量は多い。厚狭川のカルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオンと図6の硫酸イオンがポイント5で最大値を示しており、これらの成分間の相関が大きいことから、美祿ダムや工業団地からの支流の影響力が大きいものと考えられる。

図6と図7から、若干のばらつきがあるが、かなりの溶存イオンが下流に向かうに従いほぼ一定か増加しているのが分かった。溶存イオンは有機物と違い、分解されることはなく、むしろ、いろいろな物質の分解や電解により生じることが多いため、下流に向かうに従い徐々にその濃度が上昇するのであろう。

### 3-5 5河川の水質比較

表1に山口県内主要河川及び樫野川水系3河川の代表的な溶存イオンの平均値及び日本の河川の平均化学組成を示した。日本の河川では陽イオンについてはカルシウムイオン(Ca)が最も多く、次いでナトリウムイオン(Na)、マグネシウムイオン(Mg)、カリウムイオン(K)の順である。陰イオンについては硫酸イオン(SO<sub>4</sub>)、塩化物イオン(Cl)の順である。樫野川、仁保川、一の坂川の3河川の場合は日本の平均値とそれほど大きく異なっていないが、マグネシウムイオンとカリウムイオンがほぼ同値又は逆転する傾向が認められた。また、ナトリウムイオンと塩素イオンが日本の平均値より高い値を示した。3河川の比較では、全体的に樫野川の値が大きく、特にナトリウムイオン、カルシウムイオン、硫酸イオンは樫野川、仁保川、一の坂川の順であった。さらに、樫野川のカルシウムイオンが多く、一の坂川のカルシウムイオンと硫酸イオンが少ないのが特徴的である。また、各河川はそれぞれ特徴があるが、厚狭川と厚東川のカルシウムイオンは他の河川と比べても大きく、これは秋吉台周辺を水源としているためである。

また、各河川の流域別成分の比較では、粟野川や

佐波川のように支流の流入が少ない河川は水質の成分濃度変化が少なく水質の良好であった。一方、榎野川や厚狭川のように、流域に比較的住宅地や工場などの多い支流が流入する河川は水質の変化が大きく、各成分が複雑に影響を及ぼし合っていると考えられる。榎野川では人為的汚染がみられ、調査河川中で最も汚染が進行している河川と言える。また、厚東川のようにダムなど水の流れがほぼ停滞するような地点では、同じ河川であっても水質に大きな変化がみられ、流れをせき止めることで水質に影響を与えることが示唆された。

表1 県内主要河川の平均水質と日本の河川の平均水質(mg/l)

河川	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO <sub>4</sub>
榎野川	8.0	1.2	1.3	9.9	7.1	8.1
仁保川 <sup>13)</sup>	8.8	1.8	1.4	10.6	8.9	7.7
一の坂川 <sup>13)</sup>	8.3	1.5	1.7	7.3	6.5	5.5
栗野川	9.4	1.0	2.4	12.5	8.9	5.7
厚狭川	9.4	1.1	2.7	23.1	8.9	10.3
厚東川	6.7	1.0	1.8	22.9	7.2	5.7
佐波川	6.4	1.0	0.9	5.9	6.4	5.0
日本平均河川 <sup>16)</sup>	6.6	2.0	3.6	10.4	7.1	12.0
(17)	6.7	1.2	1.9	8.8	5.8	10.6

図8に全窒素と硝酸イオン及び全窒素と紫外吸光度の関係を示した。両図はほぼ同じ傾向を示し、榎野川及び厚狭川では比較的良好な相関が得られたが、他の3河川では得られなかった。榎野川及び厚狭川のR2乗相関は全窒素-紫外吸光では0.896、0.800であり、全窒素-硝酸イオンでは0.954、0.809であった。全窒素はガス状の窒素を除いた窒素化合物の総量であり、硝酸イオンはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>として存在する物である。天然ではその形態が変化する。特に厚東川のばらつきが大きいのは、支流からの水質の影響力もあるが、有機体窒素や亜硝酸体窒素等他の状態で存在している割合が大きいと考えられる。

図9に硝酸イオンと紫外吸光度の関係を示した。各河川共ほぼ直線関係が認められ非常に良い相関が得られた。榎野川、栗野川、厚狭川、厚東川、佐波川のR2乗相関はそれぞれ0.954 0.713 0.809 0.816 0.814であり、全データのR2乗相関は0.821であった。紫外吸光は各紫外部に吸収のある有機物、硝酸イオン、亜硝酸イオン等の総合的な数値として得られるが、これらの結果は紫外吸光度にて硝酸イオンを測定できることを示している。

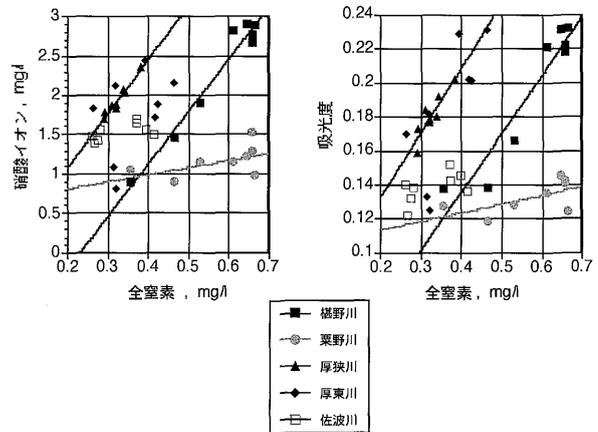


図8 全窒素と硝酸イオン濃度及び紫外吸光度との関係

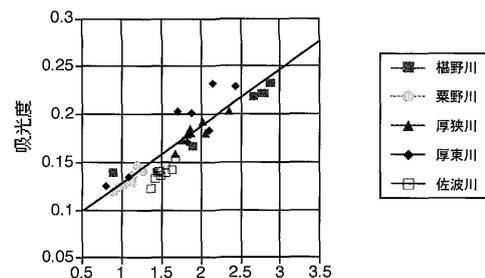


図9 硝酸イオン濃度と紫外吸光度との関係

### 3-6 榎野川の流域別特徴

水質調査による5河川の環境モニタリングのまとめとして、特徴が大きく表れている榎野川と佐波川の2年間の月別変動の結果を比較した。図10に界面活性剤濃度の2年間の月別変動を示した。比較のため榎野川の高い値を示している中流域のポイント4(東山橋)と、佐波川の同ポイント(虹橋)の値を示した。榎野川と佐波川の平均値はそれぞれ0.0721、0.0063mg/lであり、約10倍以上の差が認められた。榎野川を取りまく環境を考えると、上中流域では、下流域に比べ、民家数も少なく、その分農作地が多い。河川成分の性質からして、上中流域のほうが下流域に比べ水質も良好であるように思われる。しかし、実際には違っており、上中流域での水質への負荷が大きい可能性が示唆された。これには、住宅の密集や下水道の未普及、及び調査河川に流入する小さな支流が農業用水としての役割を果たすと同時に生活に根付いた利用をされている場合が多いと考えられる。ポイント4である山口市宮野地区には、まだ下水道が完全に普及しておらず、また住宅も増加しており、家庭排水が直接榎野川に流入することも多い。

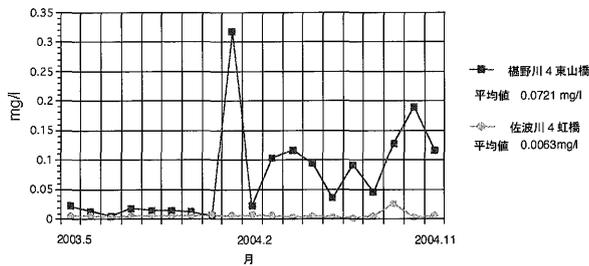


図10 界面活性剤濃度の月別変動の結果

図11に硝酸イオン濃度の2年間の月別変動を示した。榎野川と佐波川の平均値はそれぞれ 2.88, 1.48mg/l であり、約2倍の差が認められた。硝酸イオンは天然でも含まれているが、前述したように種としてタンパク態物質の分解により生じているのではないかと思われる。界面活性剤の濃度変化の結果と併せて、榎野川の中流域の汚染が進んでいるものと思われる。

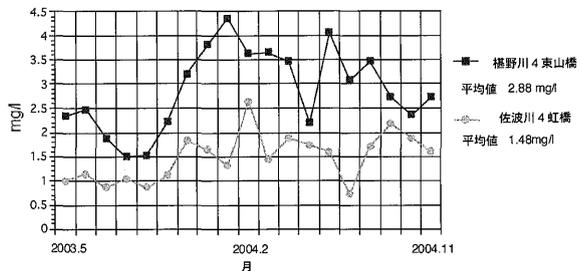


図11 硝酸イオン濃度の月別変動の結果

近年、山口湾（榎野川河口部）では、浮泥の流入、生活排水対策の遅れによる富栄養化等により、ヘドロやカキ殻の堆積、アマモ場の減少がみられるなど、干潟生態系の改変・改質が生じている。この原因は長期的な複合汚染によるものと考えられるが、今後、さらに調査を続行し長期的な調査を必要とする。今回の水質調査の比較検討から、榎野川は他の4河川より汚染がかなり進行しているものと考えられる。特に榎野川の中流域（ポイント4）以降の成分濃度の上昇は、住宅の増加や下水道の普及と関連があると考えられることから、下水道の早期の整備、及び支流の水質も含めた河川の水質汚染の対策が必要である。

### 3-7 結果のまとめ

山口県内主要5河川の2003年5月から2004年11月の10~19回にわたる水質調査を試みたところ、次のような結果が得られた。

1) 水温、pH及び溶存酸素のポイント変化の結果、水温は厚東川以外の4河川で下流に向かうにつれて、

若干上昇する傾向が見られ、榎野川、粟野川、厚狭川、厚東川、佐波川の平均水温はそれぞれ19.0, 16.9, 16.6, 17.5, 17.2℃で榎野川の水温が若干高い値を示した。pHの平均値はそれぞれ7.5, 7.9, 7.9, 8.2, 7.7でありほとんど中性もしくは弱アルカリ性を示した。また、溶存酸素の佐波川以外の4河川の平均値はそれぞれ11.3, 10.7, 10.8, 10.4mg/lであり、榎野川が若干高い値を示した。

2) 全有機炭素(TOC)、紫外吸光度、導電率、及び界面活性剤濃度の測定の結果、紫外吸光度は5河川でそれぞれ異なった状態を示した。榎野川ではポイント4で急激に上昇し、その後ほぼ一定値を示した。厚東川では小野湖の前後で逆に減少した。界面活性剤濃度は、全体的に榎野川が他の河川と比較して非常に高い値を示した。上流域ではまだ下水道が普及しておらず、直接生活排水が流入したことも考えられる。また、厚狭川では上流と下流で若干高い値を示した。

3) 全窒素及び全リンの経年変化の結果、榎野川はこの10年間、他の河川と比べても、その濃度は2倍以上大きく、生活排水対策の遅れによる富栄養化等により、汚染の程度は大きいと考えられる。また全窒素の流域別変動の結果では榎野川以外の4河川は各流域でほぼ一定もしくは下流に行くに従って若干上昇した。しかし、榎野川の場合、明らかにポイント4で急激に増加し、その後その値はほぼ一定値を示した。全体的に他の4河川と比べて榎野川が高い値を示した。

4) 溶存イオンのうち、榎野川の硝酸イオンは中流のポイント4で急激に上昇し、その後ほぼ一定値を示した。この傾向は紫外線吸収の結果とよく似ており、両者の相関性は高いと思われる。また、厚東川ではやはり小野湖の前後で変化が大きく認められた。またカルシウムイオンについては厚狭川と厚東川が全体的に高い値を示した。その他の河川は各流域でほぼ一定値を示した。又、若干のばらつきがあるが、ほとんどすべての溶存イオンが下流に向かうに従って増加しているのが分かった。

5) 山口県内主要河川及び榎野川水系3河川の代表的な溶存イオンの平均値及び日本の河川の平均化学組成を示した。日本の河川では陽イオンについてはカルシウムイオンが最も多く、次いでナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カリウムイオンの順である。陰イオンについては硫酸イオン、塩化物イオンの順である。各河川はそれぞれ特徴があるが、厚

狭川と厚東川のカルシウムイオンは他の河川と比べても大きく、これは秋吉台周辺を水源としているためである。

6) 全窒素と硝酸イオン及び全窒素と紫外吸光度の関係は、各河川でほぼ同じ傾向を示し、樫野川及び厚狭川では比較的よい相関が得られたが、他の3河川では得られなかった。また硝酸イオンと紫外吸光度の関係では、各河川共ほぼ直線関係が認められ非常に良い相関が得られ、全データのR2乗相関は0.821であった。紫外吸光度は各紫外部に吸収のある有機物、硝酸イオン、亜硝酸イオン等の総合的な数値として得られるが、これらの結果は紫外吸光度にて硝酸イオンを測定できることを示している。

7) 樫野川と佐波川の4ポイント目の界面活性剤及び硝酸イオン濃度の2年間の月別変動を比較したところ界面活性剤濃度では、樫野川と佐波川の平均値はそれぞれ0.0721, 0.0063mg/lであり、約10倍以上の差が認められた。ポイント4である山口市宮野地区には、まだ下水道が普及しておらず、家庭排水が直接樫野川に流入することが考えられる。硝酸イオン濃度の2年間の月別変動では樫野川と佐波川の平均値はそれぞれ2.88, 1.48mg/lであり、約2倍の差が認められた。界面活性剤の濃度変化の結果と併せて、樫野川の中流域の汚染が進んでいることが示唆された。

以上のような結果であるが、今回の2年間の調査では主として一部の河川成分の変動の大きい項目から、5河川の水環境の変化を比較検討したが、その結果のすべてを考察することは一般に困難であり、今後さらに調査を継続して追跡調査を行い、河川成分の経年変化も調査検討する必要がある。

本研究の遂行にあたり、2年間の水質調査に協力して下さった多くの卒研生の諸氏に感謝致します。また、佐波川の採水に協力頂いた消費生活アドバイザーの島添美葉子氏及び防府市立右田中学校の皆様にも深く感謝致します。本研究の一部は平成15年度山口県立大学研究創作活動助成事業費及び平成15-16年度イオン環境財団助成事業費により行なわれた。

## 参考文献

- 1) 用水廃水便覧，用水廃水便覧編集委員会，丸善（1973）．
- 2) Y. Ihara, J. Appl. Polym. Sci., **32**, 5665(1986).
- 3) Y. Ihara, J. Appl. Polym. Sci., **33**, 3087(1987).
- 4) Y. Ihara, J. Appl. Polym. Sci., **36**, 891(1988).
- 5) Y. Ihara, J. Appl. Polym. Sci., **44**, 1837(1992).
- 6) 伊原靖二，文部省科学研究費補助金研究成果報告書(1985).
- 7) 伊原靖二，斎藤真澄，山口女子大学特別研究費補助金研究成果報告書(1987).
- 8) 伊原靖二，山口女子大学研究報告 家政学部，**17**, 1(1991).
- 9) 伊原靖二，山口女子大学研究報告 家政学部，**18**, 57(1992).
- 10) 伊原靖二，山口女子大学研究報告 家政学部，**19**, 35(1993).
- 11) 伊原靖二，山口女子大学家政学部研究報告，**21**, 77-81(1995).
- 12) 伊原靖二，大学院共同研究プロジェクト研究成果報告，平成11・12年度，9-22(2001).
- 13) 伊原靖二，山本剛士，西川真代，大深智美，道場朋子，山口県立大学生生活科学部研究報告，**28**, 27-33(2002).
- 14) 伊原靖二，今村主税，山口県立大学生生活科学部研究報告，**29**, 17-25 (2003).
- 15) 平成3-14年度山口県環境白書資料集，山口県
- 16) 日本化学会編，陸水の化学，化学総説 No.14，学会出版センター(1992).
- 17) 半谷高久，小倉紀雄，水質調査法 改訂2版，丸善(1985).